

CONSIDERACIONES VINCULADAS A LA INSPECCIÓN DE PUENTES

Schierloh M. I.^{1,a}, Souchetti R.F.¹

¹Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay, Grupo de Investigación en Rehabilitación de Estructuras (GIRE). Ing. Pereira 676, Concepción del Uruguay, E3264BTD - Entre Ríos – Argentina

aschierlm@frcu.utn.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo se analiza la necesidad de los organismos viales, tanto provinciales como nacionales, de valorar la importancia de la Inspección y Evaluación de Patologías en Puentes y del planteo de una adecuada Gestión de Mantenimiento, teniendo en cuenta los agentes que intervienen en las mismas, la necesidad de que sean realizadas por personal calificado, y cómo se puede economizar utilizando criterios de valoración, que permitan priorizar las actuaciones y conferir mayores garantías a los diagnósticos, consecuentemente, a los proyectos de reparación y refuerzos. Así mismo se destaca la necesidad de contar con un sistema de organización de datos relevados, identificando los diferentes daños y su importancia, que permita aplicar en forma eficiente las medidas destinadas al mejoramiento de obras tan importantes para la conectividad vial como son los puentes. Para tal fin, el Grupo de Investigación en Rehabilitación de Estructuras (G.I.R.E.) de la UTN – Facultad Regional Concepción del Uruguay, propone y desarrolla un Protocolo, basándose en Manuales de Inspección y en la experiencia adquirida, en puentes carreteros de la Provincia de Entre Ríos.

ABSTRACT

This paper, analyzes the needed of road agencies, both provincial and national, to assess the importance of the Inspection and Evaluation of Pathologies in Bridges in the pose of proper maintenance management, taking into account the agents involved in the same, the need to be performed by qualified and how you can save using endpoints that allow prioritizing actions and give greater assurance to the diagnoses, consequently, to the repair and reinforcement projects. It also highlights the need for a system of organization of collected data, identify the different damage and its importance, which allows efficiently implement measures to improve important works for road connectivity such as bridges. To that end, the Research Group on Rehabilitation of Structures (G.I.R.E.) of the UTN - Regional Faculty Concepción del Uruguay, proposed and developed a protocol based on inspection manuals and on experience in highway bridges in the province of Entre Ríos.

INTRODUCCIÓN

Actualmente se reconoce la necesidad de mantener operativas las vías de comunicación por cuestiones socio-económicas en tiempos normales, por razones de seguridad debido a la ocurrencia de accidentes. Sin embargo, en los últimos tiempos, se ha podido observar un cierto grado de deterioro en las estructuras de los puentes.

Las causas de tal degradación estructural tienen diferentes orígenes como son diseños no adecuados a la durabilidad esperada, falta de control de calidad durante la construcción, efectos ambientales tales como aumento de niveles de contaminación, falta de mantenimiento, imprevistos como es el caso de los accidentes, etc.

Pese a este creciente deterioro y a la importancia estratégica de este tipo de estructuras, los presupuestos para mantener, reparar y/o rehabilitar puentes existentes son siempre limitados.

Esto da como resultado, que las autoridades responsables de tales obras de infraestructura, solo puedan atender a una selección de problemas detectados y no a su generalidad.

Un uso eficiente de los recursos, requiere de estudios previos tales como inspección, evaluación de daños estructurales y aptitud, en base a los cuales se han de desarrollar proyectos de rehabilitación integrales y por ultimo de análisis económicos comparativos.

Debido a ello, los organismos viales, tanto nacionales como provinciales, están poniendo en marcha medidas o "protocolos", a fin de inspeccionar periódicamente los puentes, que conlleve a un diagnóstico de estas "enfermedades" que los afectan e implementar mantenimientos preventivos que prolonguen su vida útil y eviten su colapso repentino.

El esquema o "protocolo" propuesto para implementar, basado en diversas experiencias a nivel mundial y a las propias del grupo GIRE, es el que se detalla en este trabajo.

HISTORIAL

Uno de los graves problemas que se presentan en los organismos viales, al iniciar las inspecciones de un puente, es la falta de datos y antecedentes, o su dispersión administrativa.

Lo conveniente sería poder concentrar y tener un archivo único de cada puente construido en las diferentes jurisdicciones.

El "historial", debe contar con los siguientes elementos:

- Legajos técnicos del puente (pliegos generales, particulares y técnicos) con los cuales se lo construyó.
- Reunir todo el proceso de inspección del organismo vial y la empresa constructora (Actas de inicio y recepción de la obra, órdenes de servicio, fotografías y documentación gráfica, etc).

- Contar con las todas las planillas e informes técnicos de las inspecciones rutinarias, principales o especiales, realizadas en el puente posterior a su habilitación, acompañado de fotografías, videos, resultados de ensayos de laboratorio, etc.
- Con los proyectos de mantenimiento y reparación, y los trabajos realizados en los mismos.

Todo este material, constituirá el “historial” del puente, desde antes de su construcción, hasta el presente. Y debe ser “institucionalizado” en los organismos viales que correspondan.

INSPECCIONES RUTINARIAS O PRELIMINARES:

Las Inspecciones Rutinarias, deben realizarse una vez al año o cuando algún evento extraordinario pueda haber afectado la estructura del puente en cuestión (choques de vehículos, crecidas extraordinarias de ríos y arroyos, etc).

Deben ser realizadas por personal vial idóneo (técnicos viales) o profesionales capacitados en evaluación.

Estas Inspecciones, se realizan con planillas confeccionadas al efecto, que permiten cuantificar el estado de la estructura en general y de cada componente de la misma en particular.

Para realizar estas Inspecciones, en el caso particular de estructuras de hormigón, se propone seguir la siguiente secuencia:

Revisión de antecedentes o historial del puente:

Consiste inicialmente en recopilar la mayor información posible tanto de la estructura y sus componentes, como del medio ambiente que la rodea, son necesarios datos tales como la edad o tiempo en servicio, naturaleza y procedencia de los materiales del hormigón, tecnología de fabricación del hormigón, edad de inicio de los problemas, diagnóstico y/o reparaciones anteriores, eventuales cambios de usos, planos generales y de detalles del puente e información que permita caracterizar la agresividad del medio ambiente.

Toda esta información es recopilada del “Historial” del puente.

Examen visual

A partir del cual se debe poder determinar si el problema en el puente se presenta por igual en todos los elementos de las mismas características o si existen diferencias por causas locales. Para esto, se realiza un examen diferenciado por elemento, registrando los signos aparentes de corrosión (manchas de óxido, color, extensión y curso, fisuras: ubicación, dirección y dimensiones, zonas de desprendimiento del recubrimiento del hormigón con o sin exposición de la armadura), degradación del hormigón, así como cualquier otra señal particular que pudiera constituir un indicativo de alguna afectación.

En esta etapa, es fundamental el registro fotográfico, tanto general de la

estructura, como particular de la misma y el uso de binoculares, que permiten acceder a zonas en donde no es posible una observación directa.

Análisis y ensayos generales:

En ciertos casos, puede requerirse, la realización de ensayos y/o mediciones-ejecutables en campo (a pie de obra), durante la inspección preliminar, complementarios de la información básica obtenida, para llegar al pre-diagnostico.

Según el caso, y específicamente para puentes de hormigón armado, estos ensayos pueden ser:

- a) Localización de armaduras y medición de espesor de recubrimientos de hormigón.
- b) Determinación de la eventual disminución del diámetro de la armadura.
- c) Determinación de la resistividad eléctrica del hormigón.
- d) Medición de potenciales electroquímicos.
- e) Determinación de la profundidad de carbonatación y la presencia de iones cloruros en el hormigón.
- f) Esclerometría para constatar la uniformidad del hormigón.

INDICE DE DAÑOS

A partir de la Inspección Rutinaria, surge la determinación de un “Índice de daño” y la necesidad o no de adelantar la Inspección Principal. Este Índice de daño, queda determinado a partir de la tabla 1.

El índice de daño, determina el tiempo que debe transcurrir hasta realizar la próxima Inspección Principal o detallada.

Este tiempo, se observó, es inversamente proporcional al índice de daño global de la estructura.

Para Índices de 5 o 6, se considera que la Inspección debe ser inmediata.

Para Índices de 3 o 4, se propone que la inspección se realice al cabo de 3 años.

Para índices de 1 o 2, se plantea la Inspección a los 5 años.

Sin embargo, para el caso en que se haya pautado la próxima Inspección principal a dos años y en la rutinaria intermedia se obtiene un índice de daños que indica debería realizarse en tres años (casos 3 y 4), se recomienda realizarla a los dos como estaba pautado.

En cambio, si la próxima inspección detallada estaba pautada en cuatro años y la inspección rutinaria indica que se debe realizar en un año, se adelantará la misma a un año.

Este “índice de daños”, es un índice global del puente, pero puede suceder que algún elemento del mismo y debido al grado de afectación que posee amerite realizar una Inspección Especial, la cual se detalla más adelante.

Tabla 1- Índice de Daño global de una Inspección Rutinaria en puentes.

INDICE	SITUACION
1	No se observan problemas en ningún elemento del puente
2	Hay problemas menores. Algunos elementos muestran deterioros sin importancia, lo que indica que la estructura pudiera correr el riesgo de tener una evolución patológica (fisuras menores, oquedades, lixiviación, armadura expuesta, posibilidades de socavación)
3	Defectos que indican el comienzo de una evolución patológica. Algunos elementos están en buen estado, pero otros muestran deterioro (algo de pérdida de sección, grietas, descascaramiento, socavación, carbonatación, indicios de comienzo de corrosión)
4	Defectos que indican que se está produciendo una evolución patológica. La pérdida de sección, deterioro o socavación afectan seriamente a los elementos estructurales. (Hay posibilidad de fracturas locales, pueden presentarse rajaduras en el concreto o fatigas en el acero, corrosión evidente)
5	Defectos que se pueden traducir en una modificación del comportamiento de la estructura o parte de ella. Hay un avanzado deterioro de los elementos estructurales (Grietas de fatiga en acero o grietas de corte en el concreto, avanzado estado de la corrosión en las armaduras principales, la socavación compromete el apoyo que debe dar la infraestructura)
6	Defectos que indican la proximidad del estado límite de servicio de toda la estructura o parte de ella, necesitando una restricción en el uso o su puesta fuera de servicio (gran deterioro o pérdida de sección en elementos estructurales críticos., desplazamientos horizontales o verticales que afectan la estabilidad de la estructura., asentamientos y giros importantes de las bases , pilas y estribos)

INSPECCIONES PRINCIPALES O DETALLADAS

Se recomienda realizarla cada cinco años, aunque esto también depende del Índice de daños que se determine en la inspección rutinaria o la misma Inspección Principal.

Esta, se divide en tres etapas y al finalizar las mismas se obtiene un diagnóstico general del estado de la estructura del puente.

Estas etapas son:

Selección de zonas:

Una vez reconocida la estructura del puente (a través de la inspección preliminar), se hace una división de ella en zonas.

En nuestro caso, hemos dividido la composición del puente en dos partes estructurales, cada una de las cuales, a su vez, contiene tres elementos estructurales.

Superestructura: Está constituida por todos los elementos estructurales o constructivos, que forman parte de la obra que permite el tránsito sobre la misma para salvar el obstáculo.

Estos elementos son:

- a) Tablero: Es la losa principal del puente.
- b) Vigas principales: Son los apoyos donde descarga el tablero.
- c) Barandas: Son las protecciones laterales de la superestructura.

Infraestructura: Está formada por todas las estructuras que dan apoyo a la superestructura, transmitiendo las cargas al suelo.

Dentro de la infraestructura, consideramos tres secciones:

- a) Pilas: Son los apoyos intermedios de la superestructura.
- b) Estribos: Son los apoyos extremos de la superestructura.
- c) Fundaciones: Son los que transmiten el esfuerzo al suelo.

Selección de análisis, ensayos y mediciones:

Luego de realizar la división de la estructura, se determina qué tipo de análisis, ensayos y mediciones serán llevados a cabo en la inspección detallada.

Para esta etapa, se usan planillas tipo, donde para cada elemento de la estructura del puente (baranda, tablero, vigas principales, pilas y estribos), están especificados las posibles afectaciones que puede verse en cada una y por ende, las posibles mediciones y ensayos a realizar.

A su vez, para cada estudio en particular (resistencia del hormigón, fisuración, etc.) se usan tablas particulares al efecto.

Patologías del hormigón armado: Las patologías del hormigón armado, se estudian en todos los elementos constitutivos de la superestructura y de la infraestructura.

El hormigón armado, está constituido por dos materiales, el hormigón y el acero.

El hormigón, constituido a su vez por cemento, agregados y agua, tiene dos funciones principales:

- a) Resistencia mecánica.
- b) Protección de las armaduras de acero.

La resistencia mecánica, puede ser afectada por carbonatación, reacción álcali agregados, etc.

La protección del acero, puede verse afectada por patologías como carbonatación, fisuras, lixiviación, oquedades, etc.

Evaluación del hormigón: Los posibles ensayos a realizar sobre el hormigón son:

- a) Detección de la delaminación del recubrimiento del hormigón.
- b) Resistividad.
- c) Ultrasonido.

- d) Esclerometría.
- e) Profundidad de carbonatación.
- f) Concentración de cloruros.
- g) Resistencia a la compresión.
- h) Porosidad.
- i) Fisuración.
- j) Reacción álcali-agregados.

El proceso que se sigue con cada uno de ellos es el siguiente:

- a) Detección de la delaminación del recubrimiento del hormigón: Los productos de corrosión de la armadura, ocupan un volumen considerablemente superior al del acero original. Esto causa tensiones de tracción en el interior del hormigón, que originan agrietamientos y delaminación del recubrimiento del hormigón. Las zonas afectadas se detectan golpeando la superficie del hormigón para identificar las áreas con sonido hueco.
- b) Resistividad: La determinación de la resistividad eléctrica del hormigón, es un parámetro que depende fundamentalmente del contenido de humedad y de los electrolitos presentes en el hormigón (cloruros, sulfatos, etc.), así como de la estructura y composición de los poros del hormigón.

Para su determinación, se emplea el instrumento GECOR-6.

- c) Ultrasonido: Es un ensayo no destructivo que tiene como principal objetivo verificar la homogeneidad (uniformidad y calidad relativa) del hormigón. Se utiliza un equipo de pulso eléctrico de baja frecuencia ultrasónica con transductor – emisor, que permiten transformar el pulso eléctrico en onda de choque en una banda de 24 KHz hasta 500 KHz. Como resultado se calcula la velocidad de propagación de ondas. IRAM 1683:1990 ⁽¹⁾.
- d) Esclerometría: Se utiliza fundamentalmente para determinar un “índice de rebote”, lo que determina la uniformidad en la resistencia superficial en hormigones. IRAM 1694:1989⁽²⁾
- e) Profundidad de la carbonatación: La profundidad del frente de carbonatación, se mide pulverizando una solución indicada de ph sobre la superficie del hormigón recientemente expuesta. La solución usada (de fenolftaleína) se caracteriza por dejar incoloro el hormigón que se encuentra carbonatado y teñir de color púrpura el hormigón no carbonatado.
- f) Concentración de cloruros: El método de evaluación empleado, es el recomendado en el procedimiento ASTM 1152⁽³⁾ para determinar los cloruros totales (solubles en ácido).

Según dicha norma, la corrosión de la armadura, se inicia una vez que la concentración de cloruros alcanza un nivel crítico en la superficie del acero (CC) equivalente a 0,4 % en peso respecto del contenido del cemento en el hormigón.

- g) Resistencia a la compresión: Se realiza a través de testigos calados IRAM 1551⁽⁴⁾, es un parámetro relacionado con la calidad del hormigón y permite

comparar los valores obtenidos con las especificaciones o clases resistentes definidas.

- h) Porosidad: El porcentaje de poros, se determina según la norma ASTM C-642⁽⁵⁾. El procedimiento consiste en calcular la porosidad (%P), a partir del peso de muestras de hormigón en tres condiciones diferentes muestras secadas a 105 grados centígrados en estufa a peso constante, muestra saturada de agua con superficie seca, peso de la muestra inmersa en agua. El criterio de evaluación, establece que si $\%P < 10$ la calidad del hormigón es alta, entre 10 y 15 es buena y si es > 15 la calidad es baja.
- i) Fisuración: la evaluación detallada de la fisuración observada permitirá detectar cuáles son sus causas. Se las registran utilizando un esquema de la estructura, luego usando una regla graduada se mide su espesor y se determina su longitud
- j) Reacción álcali-agregados: El estudio de la RAS en estructuras existentes se caracteriza por la diversidad de circunstancias. La expansividad del gel formado por el desarrollo de la RAS provoca la degradación del hormigón a través de diversos efectos mecánicos tanto para el material como para la estructura. Normalmente, la degradación del hormigón por RAS puede tardar algún tiempo en manifestarse y lo hace a través de la aparición de fisuras, exudaciones, eflorescencias, pop-outs, descamaciones y expansión de la estructura. El diagnóstico in situ es posteriormente confirmado a través del análisis microscópica en laboratorio.

Patologías del acero: El acero cumple funciones como resistencia a la tracción, compresión, control de la fisuración, etc.

El principal problema del acero es la corrosión, la cual puede tener diferentes causas.

Evaluación de las armaduras de acero:

Se realizan los siguientes ensayos:

- a) Localización de la armadura y espesor de recubrimiento.
 - b) Pérdida de diámetro.
 - c) Medición de potenciales.
 - d) Medición de la velocidad de corrosión.
- a) Localización de la armadura y espesor de recubrimiento: La localización de la armadura, se realiza mediante un detector electromagnético, que permite detectar la posición de los refuerzos ubicados a menos de 100 mm de la superficie y estimar el espesor de recubrimiento del hormigón.
 - b) Pérdida del diámetro: Se determina, tomando mediciones del diámetro del refuerzo en los sectores puntuales de la armadura que fueron expuestos y limpiados. La disminución porcentual de la sección de las armaduras, se estima en base al diámetro inicial y final del esfuerzo.
 - c) Medición de potenciales: El potencial electroquímico de corrosión (ECORR)

del acero en el hormigón, es un parámetro que indica el estado de avance de la corrosión de la armadura (pasivo o activo). La medición de ECORR, se realiza empleando un electrodo de referencia estándar de cobre/sulfato saturado, conectado a un multímetro de alta impedancia de entrada. Los valores de ECORR, se interpretan según se especifica en la norma ASTM C-876⁽⁶⁾, siendo el GECOR-6 el equipo adecuado para esta determinación.

- d) Velocidad de corrosión de la armadura: La determinación de la velocidad de corrosión (VC), se efectúan mediante ensayos in-situ de resistencia a polarización (RP), y permite predecir su velocidad de deterioro en términos de la disminución esperada para su sección transversal. Los ensayos de RP se realizan con el GECOR- 6.

OTRAS PATOLOGIAS A ESTUDIAR EN LOS ELEMENTOS DEL PUENTE ⁽⁷⁾:

Cimentación:

Es el elemento más difícil de inspeccionar, porque generalmente está enterrado o bajo agua.

Además de las patologías del hormigón y el acero, se deberán estudiar y analizar:

- a) Asientos de la cimentación
- b) Giros
- c) Desplomes
- d) Riesgo de socavación

Los asientos giros o posibles desplomes, se verifican con elementos de topografía.

Para verificar el riesgo de socavación general o local, se deberá realizar incluso inspecciones subacuáticas.

Dado que la socavación, es una de las causas más importante en la “mortandad” de puentes, es importante prestarles toda la atención posible.

Pilas y estribos:

Se deben estudiar:

- a) Giros
- b) Desplomes
- c) Protección de los terraplenes de los estribos

Vigas principales:

En el caso de las vigas principales, se deben estudiar:

- a) Los apoyos

Los aparatos de apoyo, surgieron de la necesidad de transferir controlada y eficazmente la carga de la superestructura a los elementos que la soportan.

Los apoyos, se encuentran en lugares de difícil acceso al inspector, por lo que debe de estar muy atento a fin de diagnosticar posibles daños que conlleven a descensos y su incidencia estructural.

Tableros:

Se deben estudiar:

- a) Estado de los drenajes laterales
- b) Estado de las juntas

Drenajes tapados, provocan agua estancada en la superficie del puente, lo que puede provocar planeo en los vehículos, infiltración en la carpeta de concreto asfáltico si la hubiera, etc.

Los responsables de mantenimiento y conservación de juntas, saben junto a los usuarios, que las juntas son elementos de rápido deterioro, de incomodidad en la rodadura, de suciedad y de problemas de seguridad. De allí, la importancia de su inspección periódica y de su mantenimiento.

Barandas:

Las barandas, pueden ser de materiales diversos como Hormigón Armado, acero, mampostería, etc.

Su importancia radica, en la necesidad de brindar seguridad al usuario.

Por ello, además de estudiar las patologías de los materiales que la componen, se deben estudiar problemas de:

- a) Impacto

INDICE DE DAÑOS

La inspección principal o detallada, también debe culminar con un “índice de daños”, tanto global, como particular (por elemento constitutivos del puente).

El índice de daños global, activaría o no que la próxima inspección principal se realice a los cinco años o antes de esa fecha.

El “índice de daños particular”, se determina para cada elemento constitutivo del puente, tanto de la superestructura como de la infraestructura y puede ser determinado en la “Inspección detallada”, debido a que en esta se realizan análisis y ensayos más precisos que en la Inspección Rutinaria, donde solo se puede determinar un “Índice global de daños”

Este Índice puede ser determinado por la tabla 2 y se basa en el pliego de la comunidad de Madrid ⁽⁷⁾.

Tabla 2- Índice de gravedad según el Pliego de la Comunidad de Madrid

INDICE	SITUACION
1	Defectos "a priori", sin consecuencia importante
2	Defectos que indican que la estructura pudiera correr el riesgo de tener una evolución patológica
3	Defectos que indican el comienzo de una evolución patológica
4	Defectos que indican que se está produciendo una evolución patológica
5	Defectos que se pueden traducir en una modificación del comportamiento de la estructura o parte de ella
6	Defectos que se traducen en la proximidad del estado límite de servicio de toda la estructura o parte de ella, necesitando una restricción en el uso, o su puesta fuera de servicio.

La tabla 3, detalla la valoración del Índice de daño particular, en función de las patologías totales o parciales que presenta cada elemento estructural del puente y fue realizado basándonos en las experiencias del grupo GIRE.

Tabla 3- Detalle del Índice de daño particular de una Inspección principal

INDICE	BASE	ESTRIBOS Y PILAS	VIGAS PRINCIPALES	TABLERO	BARANDAS
1	Sin inconvenientes	Sin inconvenientes	Sin inconvenientes	Sin inconvenientes	Sin inconvenientes
2	Probabilidad de socavación	fisuras menores, oquedades, armadura expuesta	fisuras menores, oquedades, armadura expuesta	fisuras menores, oquedades, lixiviación, armadura expuesta	Probabilidad de problemas en la seguridad al usuario (impactos menores y/o probabilidad de inicio evoluciones patológicas de los materiales de las barandas)
3	Pequeña socavación	Grietas, descascaramiento, carbonatación, indicios de comienzo de corrosión	algo de pérdida de sección, grietas, descascaramiento, carbonatación, indicios de comienzo de corrosión	algo de pérdida de sección, grietas, descascaramiento, carbonatación, indicios de comienzo de corrosión	Indicios de problemas en la seguridad al usuario por impactos y/o comienzo de problemas de patologías en los materiales de las barandas

4	Gran socavación	Pueden presentarse rajaduras en el concreto o fatigas en el acero, corrosión evidente	Hay posibilidad de fracturas locales, pueden presentarse rajaduras en el concreto o fatigas en el acero, corrosión evidente	Hay posibilidad de fracturas locales, pueden presentarse rajaduras en el concreto o fatigas en el acero, corrosión evidente	Problemas de seguridad al usuario por impactos importantes y/o por problemas de Patologías de los materiales de las barandas levemente afectadas
5	Asentamientos pequeños y/o giros	Avanzado estado de la corrosión en las armaduras principales, y/o la socavación compromete el apoyo que debe dar, asentamientos pequeños	Grietas de fatiga en acero o grietas de corte en el concreto, avanzado estado de la corrosión en las armaduras principales,	Grietas de fatiga en acero o grietas de corte en el concreto, avanzado estado de la corrosión en las armaduras principales,	Grandes problemas de seguridad al usuario (estructura afectada por impactos importantes, patologías de los materiales de las barandas muy afectadas)
6	Grandes asentamientos y/o giros que afectan la estabilidad de la estructura	Problemas patológicos gravísimos en los materiales constitutivos y/o desplazamientos horizontales o verticales que afectan la estabilidad de la estructura asentamientos y giros importantes de las bases pilas y estribos	gran deterioro o perdida de sección en el hormigón y el acero, que comprometen la estabilidad de la estructura	gran deterioro o perdida de sección en el hormigón y el acero, que comprometen la estabilidad de la estructura	No hay seguridad al usuario(Todo o parte de las mismas han sido eliminadas por impactos y/o por problemas patológicos de los materiales de las barandas)

El “índice de daño global”, se ha propuesto determinarlo de la siguiente manera:

1. Descomponer la calificación en un conjunto de calificaciones parciales, correspondientes a elementos estructurales o de equipamiento claramente diferenciados.
2. Atribuir un peso a cada uno de los grupos anteriores, en función de la

importancia (nula, reducida, media o alta) que tenga esa valoración. Esa atribución es también, en última instancia, subjetiva, pero resulta discriminante y positiva, según nuestra experiencia. Los pesos propuestos son los que se muestran en la tabla 4. Como puede apreciarse, el peso va creciendo de manera potencial a medida que crece la importancia.

Tabla 4- Pesos imputables a la calificación de los elementos inspeccionados en función de su importancia.

IMPORTANCIA	PESO	ELEMENTOS
Nula	0	Cimentaciones
Reducida	1	Barandas
Media	5	Pilas y estribos
Alta	15	Vigas principales y tablero

3. Efectuar una calificación ponderada final de la estructura, de forma que el índice global de gravedad viene dado por

$$\text{Índice de daño global} = \frac{\sum w_i \cdot I_{\text{parcial}}}{\sum w_i}$$

Donde w_i es el peso que depende de la importancia del elemento (tabla 3) e I_{parcial} es el índice parcial correspondiente a cada conjunto de elementos considerado. Un ejemplo es el que se muestra en la tabla 5.

Tabla 5- Ejemplo de obtención del índice global de gravedad de una determinada estructura.

ELEMENTO	INDICE PARCIAL	PESO	INDICE PONDERADO
Cimentaciones	2	0	0
Pilas y estribos	3	5	15
Vigas principales	6	15	90
Tablero	2	5	10
Barandas	2	1	2
Sumatoria		26	117

Índice de daño global = 4,5

En función del valor que alcance el índice global se propone el tiempo que debe transcurrir hasta realizar la próxima Inspección Principal.

Este tiempo es inversamente proporcional al "índice de daño global" de la estructura.

Para Índices de daño mayores a 5, la Inspección Principal debe ser inmediata.

Para Índices de daño entre 3 o 4, la inspección principal debe realizarse al cabo de 3 años.

Para índices de 1 o 2, la Inspección Principal debe realizarse a los 5 años.

Vale decir, el tiempo para realizar la una próxima Inspección Detallada, lo determina el menor tiempo que estipule cada Inspección Rutinaria o Principal que se realice.

INSPECCIONES ESPECIALES:

Las inspecciones especiales, se deben realizar cuando la Inspección rutinaria o la principal lo prescriba o cuando los organismos viales lo estimen correspondiente luego de un evento extraordinario (accidente vehicular, socavación, etc) o cuando la evidencia de un daño lo indique.

Esta Inspección, puede ser realizada sobre un elemento del puente en particular, varios, o sobre la estructura en su conjunto, dependiendo de la gravedad del daño.

Puede ser realizada siguiendo el protocolo de la inspección rutinaria, principal o profundizar aún más con pruebas y ensayos más exhaustivos y expertos en el problema en cuestión.

PROYECTO DE REPARACION Y REFUERZO:

De los análisis y conclusiones de las tareas de inspección antes mencionados, puede surgir la necesidad de mantener, reparar o reforzar el puente.

El proyecto, lo debe realizar personal especializado y deberá tener en cuenta varios factores como ser:

- Necesidad o no de mantener el flujo de tránsito
- Necesidad o no de respetar el patrimonio arquitectónico del puente
- Conveniencia económica de repararlo o demolerlo y construir uno nuevo.

Luego de un proceso de reparación y refuerzo, posiblemente el índice de gravedad tanto global como particular cambie. Por lo tanto, deberán recalcularse estos índices determinados en la última inspección realizada y redefinir o no los plazos para realizar la próxima Inspección detalla.

Referencias:

- (1) IRAM 1683:1990. Hormigón de cemento Portland. Método para la determinación de la velocidad de pulsos ultrasónicos.
- (2) IRAM 1694:1989 Hormigón de cemento Portland. Método de ensayo de la dureza superficial del hormigón endurecido mediante la determinación del número de rebote empleando el esclerómetro de resorte.
- (3) ASTM C1152 / C1152M - 04(2012) e1 Standard Test Method for Acid-Soluble Chloride in Mortar and Concrete.
- (4) IRAM 1551:2000 - Hormigón de Cemento Pórtland - Extracción, preparación y ensayo de testigos de hormigón endurecido.

- (5) ASTM C642 – 06. Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete.
- (6) ASTM C 876, American National Standard: Standard Test Method for Half Cell Potential of Reinforcing Steel in Concrete, (1991).
- (7) González J. L. “Reflecciones en torno a la inspección de puentes”, disponible Online en: http://www.fhecor.es/files/ARW/ES_INSPECCIONPUENTES. Enero 2013.